

ECHOGRAPHIE DOPPLER

1. NOTION D'ONDES.

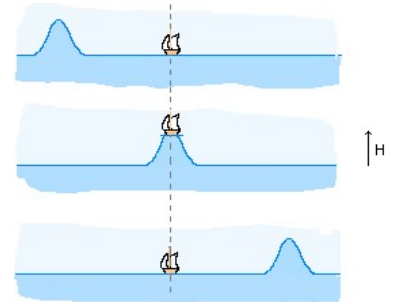
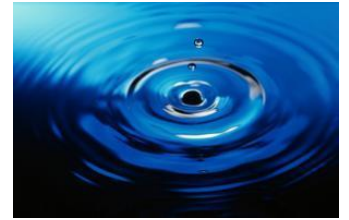
Pour mieux comprendre le sens du mot « onde », prenons l'exemple d'une onde à la surface de l'eau.

En effet, quand on lance un caillou dans une rivière on observe l'apparition de vagues à la surface. Néanmoins ces vagues ne sont pas immobiles : il y a un mouvement qui leur permet d'exister. Ainsi des cercles concentriques se forment autour de l'endroit où le caillou a été jeté. Ces cercles sont à la base d'une perturbation de la surface qui était auparavant plane. Une onde est donc un phénomène qui est dû à la perturbation d'un milieu.

Une onde est donc la propagation d'une perturbation sans transport de matière mais avec transfert d'énergie.

Cela signifie que localement, lorsque la perturbation traverse le milieu, la matière se déplace mais retrouve sa position initiale.

Sur le schéma on observe le phénomène de la vague avec un bateau : l'onde se déplace mais le bateau lui reste à sa place.



2. NOTION DE LONGUEUR D'ONDES & DE FREQUENCES.

Deux grandeurs caractérisent les ondes :

- La **fréquence** représente le nombre de fois où un phénomène physique se répète en une seconde. On la note f et son unité est le Hertz, noté Hz.

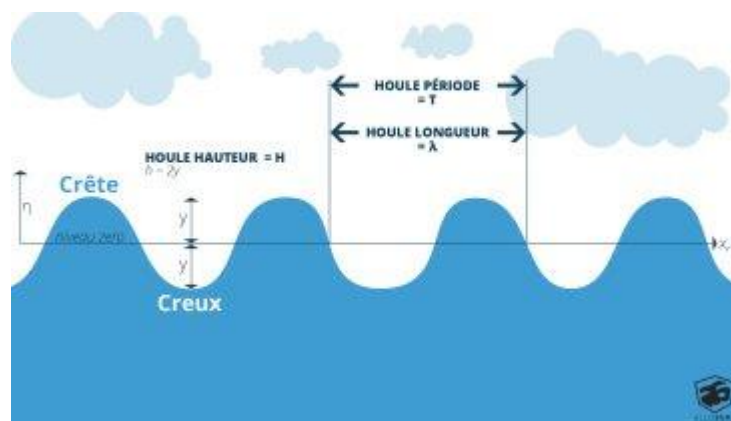
Par exemple, Le colibri (oiseau mouche), est le plus petit des oiseaux aux battements d'ailes les plus rapides

Il a un cerveau très développé, un cœur gros, une capacité à voler à reculons et à effectuer 100 battements d'ailes par seconde.

On pourra donc dire que le colibri a une fréquence de battement d'ailes de 100 Hz.



- La **longueur d'onde** représente la distance qui sépare deux points traversés par une perturbation, dans le même état d'excitation. On la note λ et son unité est le mètre.



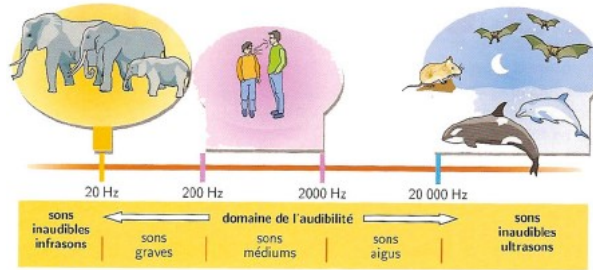
Par exemple, entre deux vagues on mesure une distance qui correspond à la longueur d'onde

- La **célérité** (ou vitesse) est le lien entre fréquence et longueur d'onde. $v = \lambda \times f$ ce qui permet d'en déduire les relations $\lambda = \frac{v}{f}$ ou encore $f = \frac{v}{\lambda}$

3. ONDES ELECTROMAGNETIQUES & ONDES SONORES.

• Les ondes sonores (le son) :

- C'est une onde produite par la vibration d'un support qui peut être fluide ou solide.
- On distingue en fonction de la fréquence les ondes audibles des ondes inaudibles pour l'oreille humaine.



- On retient le son audible est compris entre 20 Hz et 20 000 Hz.

Les ondes sonores de fréquence supérieure à 20 000 Hz inaudibles pour l'oreille humaine sont les ondes ultrasonores.

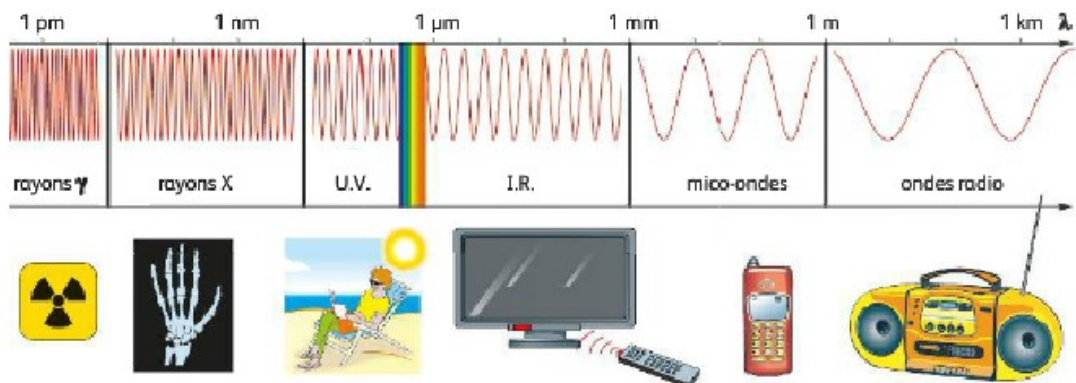
- La vitesse des ultrasons dans l'air est de l'ordre de 340 m/s.

Elle dépend du milieu traversé (plus ou moins dense). Le son ne se propage pas à la même vitesse dans un solide que dans un liquide

Vitesse de propagation des ultrasons dans différents milieux			
Matériau/tissu	Air à 15 °C	Eau à 37 °C	Sang
Vitesse de propagation en m.s ⁻¹	340	1 530	1 560

• Les ondes électromagnétiques (la lumière) :

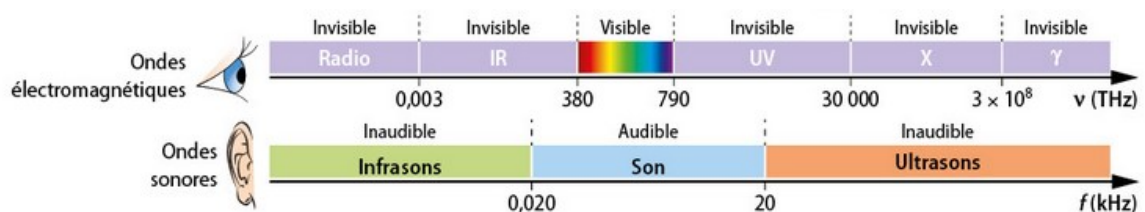
- Ce sont des ondes qui peuvent se propager dans un support ET dans le vide.
- On distingue en fonction de la longueur d'onde, les lumières visibles des lumières invisibles pour l'œil humain.



On retient les ondes visibles (du rouge au violet) sont comprises entre 400 nm et 800 nm.

De part et d'autre on distingue les UV et les IR.

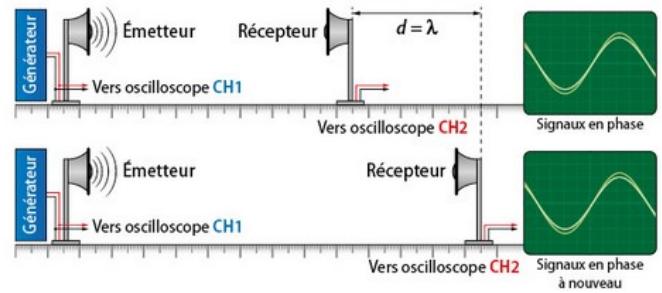
- La vitesse de la lumière dans le vide est de 3×10^8 m/s



4. MESURER LA VITESSE DES ULTRASONS (Voir Tp)

A l'aide d'un oscilloscope, d'un émetteur et d'un récepteur d'ultrasons, on peut mesurer la vitesse des ultrasons.

On détermine la période T des ultrasons puis la longueur d'onde λ en augmentant la distance d entre l'émetteur et le récepteur à partir d'une situation où les signaux sont en phase. Les signaux reviennent en phase chaque fois que la distance d a augmenté d'une longueur d'onde.



A l'inverse, si on connaît la célérité des ondes ultrasonores, on peut en déduire la distance qui sépare l'émetteur du récepteur, mais il faut distinguer deux situations :

Si l'émetteur et le récepteur sont face à face séparés d'une distance d	Si l'émetteur et le récepteur sont côte à côte à une distance d d'une surface réfléchissante	Unités
$d = v \times \Delta t$	$d = \frac{v \times \Delta t}{2}$	V en m/s D en m Δt en s

5. LE PRINCIPE DE L'ECHOGRAPHIE

C'est le phénomène de l'écho qui est utilisé lors d'une échographie.

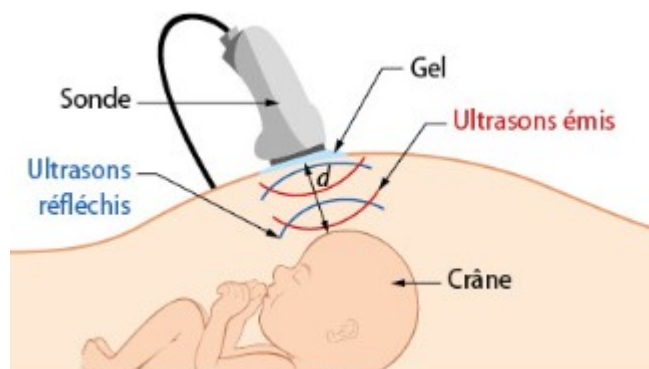
Une sonde à ultrasons, qui sert à la fois d'émetteur et de récepteur, est placée en contact avec la peau préalablement recouverte d'un gel. Celui-ci sert à améliorer la transmission des ultrasons entre la peau et la sonde.

Pour former une image nette, la sonde émet une brève salve d'ultrasons, puis réceptionne les ultrasons réfléchis. Chaque fois qu'un faisceau ultrasons rencontre une interface, une partie des ultrasons est réfléchi. C'est la durée Δt qui sépare l'émission et la réception des ultrasons qui est mesurée.

La distance d parcourue par les ultrasons dans les tissus biologiques est calculée par la relation suivante :

$$d = \frac{v \times \Delta t}{2}$$

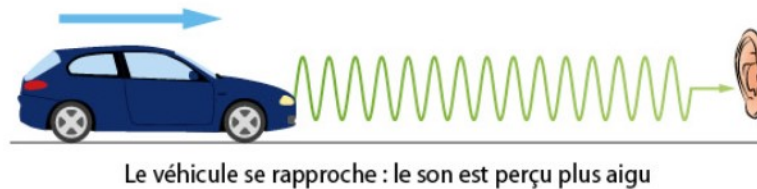
Un système informatique convertit ensuite les ondes ultrasonores reçues par la sonde pour en former une image.



6. L'ECHOGRAPHIE DOPPLER

L'effet Doppler est un changement de fréquence d'une source d'ondes lorsqu'il y a déplacement relatif de la source ou de l'observateur. La fréquence perçue par l'observateur :

- est supérieure à la fréquence de l'onde émise si la source se rapproche de lui. Le son perçu est alors plus aigu ;
- est inférieure à la fréquence de l'onde émise si la source s'éloigne de lui. Le son perçu est alors plus grave



Dans une échographie Doppler :

- les ultrasons émis sont réfléchis par les globules rouges qui font office d'obstacles ;
- on mesure le décalage de fréquence Δf entre l'onde réfléchi par les globules rouges et l'onde émise.



La mesure du décalage de fréquence Δf permet de déterminer le sens et la vitesse d'écoulement du sang dans les vaisseaux.

$$\Delta f = f_{\text{Réfléchi}} - f_{\text{Emis}} = \frac{f_{\text{Emis}} \times 2 \times v \times \cos \theta}{c} \quad \text{ce qui donne} \quad v = \frac{\Delta f \times c}{f_{\text{Emis}} \times 2 \times \cos \theta}$$

Avec : f_{Emis} : fréquence de l'onde émise en Hz

$f_{\text{Réfléchi}}$: fréquence de l'onde réfléchi en Hz

v : vitesse des globules rouges dans le vaisseau en m/s

θ : angle entre l'axe du vaisseau et l'axe du faisceau ultrasonore

c : vitesse moyenne des ultrasons dans le corps humain soit 1540 m/s.

